情绪 T2 对抗注意瞬脱：理解情绪优先加工的窗口

孙猛[1, 2]，刘泽军[3]，贾茜[4]，尚晨阳[2]，张钦[2*]

（[1]安徽医科大学精神卫生与心理科学学院 合肥 230032

[2]北京市"学习与认知"重点实验室，首都师范大学心理学院 北京 100048

[3]上海师范大学教育学院心理学系上海 200233

[4]杭州师范大学基础医学院脑科学研究所 杭州 300387）

摘要 注意瞬脱是指从一系列干扰刺激中识别两个目标时，识别第一个目标（T1）往往会干扰之后 200~500 ms 内出现的第二个目标（T2）的识别，该现象反映了时间维度上的意识加工局限性。但研究发现，与中性 T2 相比，情绪 T2 可以在一定程度上对抗注意瞬脱。这为我们理解人类对情绪刺激的优先意识加工提供了一个观察窗口和研究手段。情绪 T2 对抗注意瞬脱受 T1 任务难度、T2 任务类型和情绪预期等因素的影响，该过程涉及的脑区主要包括杏仁核、前扣带回和眶额皮层等区域；在时间进程上，情绪相比中性 T2 在认知加工的早期和晚期阶段都表现出增强的效应。情绪对抗注意瞬脱的认知神经机制可以用注意增强和巩固竞争假说来解释，即由杏仁核介导的情绪信息早期注意捕获是导致情绪对抗注意瞬脱的关键，而晚期的巩固过程受到任务要求等自上而下因素的影响。

关键词 情绪，注意瞬脱，快速序列视觉呈现

1 引言

从瞬息万变的世界中及时地察觉到与生存相关的信息非常重要，这有助于我们回避危险和做出恰当的行为反应。但由于注意资源的瓶颈，人类从连续快速呈现的视觉刺激中识别多个目标往往会出现困难，这已被实验室研究所证实。在使用快速视觉序列呈现任务（Rapid Serial Visual Presentation, RSVP）的实验中，识别两个目标中的第一个目标（T1）后，往往会干扰之后 200~500 ms 时窗内出现的第二个目标（T2）的识别，该现象被称为注意瞬脱 (Raymond et al., 1992)。更加有趣的是，情绪刺激作为第二个目标时相比中性目标能够得到更好的识别，表现出对抗注意瞬脱的特点（Anderson, 2005; Anderson & Phelps, 2001; Bach et al., 2014; Maratos et al., 2008; Mishra et al., 2017; Ray et al., 2020; Sun, Jia, et al., 2022; Sun et al., 2021)。那么，一个非常关键的问题是：情绪对抗注意瞬脱是如何发生的呢？

近二十年来，研究者使用了不同的刺激材料和研究手段考察了情绪加工和注意瞬脱的关系。主要可以分为三类，一类是将情绪刺激作为关键干扰项呈现在目标之前，这类研究发现

收稿日期：2023-04-07

国家自然科学基金青年项目（32300874）、安徽省高校自然科学重点项目（2022AH050687）资助

通讯作者：张钦, E-mail: zhangqin@cnu.edu.cn

任务无关情绪刺激也会诱发一个类似注意瞬脱的现象，即情绪诱发注意瞬脱(Emotion-induced blink)(Keefe et al., 2019; Kennedy et al., 2014; McHugo et al., 2013; Santacroce et al., 2021)。第二类研究是将情绪刺激作为 RSVP 任务中的第一个目标，当情绪刺激作为 T1 时会诱发更大的注意瞬脱，即情绪性注意瞬脱 (Emotional Attentional blink)(Kan et al., 2021; Pecchinenda et al., 2020; Saxton et al., 2020)。最后一类研究是将情绪刺激作为 RSVP 中的第二个目标， 当情绪刺激作为 T2 时会减少注意瞬脱，即情绪对抗注意瞬脱(Anderson, 2005; Anderson & Phelps, 2001; Bach et al., 2014; Maratos et al., 2008; Ray et al., 2020; Sun, Jia, et al., 2022)。已有文章综述了情绪刺激作为 T1 或关键干扰项时对注意瞬脱的影响 (Chen et al., 2014; McHugo et al., 2013)。本文主要关心的是情绪刺激作为 T2 时对注意瞬脱的影响。

我们关注这个问题主要有两个原因。首先，注意瞬脱是反映意识加工局限性的重要窗口，总结情绪对抗注意瞬脱有助于我们理解情绪获得优先意识加工的机制。其次，对人类来说，快速识别情绪及其变化具有重要意义，理解情绪对抗注意瞬脱的机制和个体差异，有助于我们找到更加敏感的行为学指标来及早地识别情绪障碍患者。本文首先对情绪对抗注意瞬脱的概念予以界定，接着总结影响情绪对抗注意瞬脱的因素。随后，我们介绍和总结情绪对抗注意瞬脱涉及的脑机制和时间进程。最后，我们提出一个注意增强和巩固竞争的模型来解释情绪对抗注意瞬脱的认知神经机制。

2 情绪对抗注意瞬脱的界定与任务指标

2.1 什么是情绪对抗注意瞬脱？

在 RSVP 任务中，视觉刺激一般以 10 Hz 的速度在相同的空间位置呈现，个体需要在一系列的干扰刺激中识别两个目标。在该任务中，T2 的识别绩效随 T1-T2 时间间隔增加会呈现先下降后上升的 U 型趋势 (Chun & Potter, 1995; Dux & Marois, 2009; 张明，王凌云, 2009)。相比中性内容作为 T2，包含情绪内容的 T2 出现在注意瞬脱区间内更容易被有意识地报告，我们将这种瞬脱区间内的情绪加工优势称为情绪对抗注意瞬脱 (Anderson, 2005; Anderson & Phelps, 2001; Bach et al., 2014; Maratos et al., 2008; Milders et al., 2006; Mishra et al., 2017; Sun, Jia, et al., 2022; Sun et al., 2021)。这种定义意味着这种优势是特定于 T1 之后 200~500 ms 这个注意瞬脱区间的，在注意瞬脱区间之后，由于瓶颈限制的解除或者注意选择机制的恢复，情绪目标和中性目标的识别可以达到同等程度，使得我们不能观察到情绪加工的相对优势。

情绪对抗注意瞬脱是基于对正确率的分析，而非反应时的结果。反应时指标更多反映的

是加工速度的差异，比如在点探测任务中基于反应时指标发现，个体对出现在情绪刺激相同空间位置的目标的反应更快，不同位置的目标反应更慢 (Carlson & Reinke, 2014; Pourtois et al., 2004)；在目标搜索范式中，情绪刺激作为目标时会促进个体的反应，作为干扰物则会干扰个体的反应 (Huang et al., 2011; Öhman, Flykt, et al., 2001; Öhman, Lundqvist, et al., 2001; Pinkham et al., 2010)。这些基于反应时的结果表明情绪刺激能够更快地捕获注意，从而得到优先地加工。情绪对抗注意瞬脱不强调反应的速度，强调知觉层面的意识加工，即个体是否能意识到 T2 出现或者 T2 的具体内容。正确率的指标比较简单，也是评价意识加工最为直接的指标 (Mishra et al., 2017)。

在注意瞬脱相关研究中，两个关键的问题就是对目标的侦测和识别 (Chun & Potter, 1995)。前者要求被试判断是否存在特定目标，后者则需要个体对目标的内容进行辨别。相比于侦测任务，辨别任务的加工水平更高。相应地，在情绪对抗注意瞬脱的相关研究中，也包括基于侦测指标的情绪对抗注意瞬脱 (Milders et al., 2006; Stein et al., 2010; Zhao et al., 2018)和基于辨别指标的情绪对抗注意瞬脱 (Bach et al., 2014; Engen et al., 2017; W. Luo et al., 2010; Maratos et al., 2008; Ray et al., 2020; Sklenar & Mienaltowski, 2019; Sun et al., 2021)。接下来，我们分别加以介绍。

2. 2 基于侦测或辨别指标的情绪对抗注意瞬脱

在以侦测成绩为指标的 RSVP 任务中，任务要求一般较为简单，只要求被试报告先前规定的目标是否出现即可，如从乱码或倒置面孔中侦测是否出现完整正立的面孔 (Milders et al., 2006; Stein et al., 2010; 叶榕 等, 2011)，或者从假词中侦测真词 (Kihara & Osaka, 2007; Mack et al., 2002; Ogawa & Suzuki, 2004; Zhao et al., 2018)。以 Milders et al. (2006) 的研究为例，研究者给被试呈现一系列的乱码面孔图片作为干扰刺激，完整面孔为目标刺激，其中第一个目标是绿色的完整面孔，之后也可能会出现一张灰色的完整面孔 (恐惧表情或者中性表情)。被试的任务是报告绿色完整面孔 (T1) 的性别，并报告其后是否出现了完整面孔 (T2)。他们的结果发现在短间隔条件下 (Stimulus Onset Asynchrony, SOA = 160，240 和 400 ms) 恐惧面孔相比中性面孔的侦测率更高，但在长间隔条件下 (SOA = 560 ms) 没有差异。在这类研究中，人们发现了稳定的情绪目标侦测优势，即包含情绪意义的目标作为 T2 时更容易被个体从快速呈现的干扰刺激序列中侦测到，表明情绪信息的早期加工具有自动化加工的特征，较少受到当前可用注意资源的限制 (Anderson et al., 2003; Mendez-Bertolo et al., 2016; Öhman, 2005)。但是，这类研究往往只计算 T2 的击中率作为侦测指标，忽略了设置 T2 缺失

试次和计算个体在侦测任务中的辨别力（d`）和判断标准等指标。此外，侦测指标的另一个缺陷是无法确定个体是基于目标显著的情绪特征来做出判断，还是意识到了目标的情绪内容。

与侦测任务不同，辨别任务要求被试报告目标的内容，这在一定程度上弥补了侦测任务无法评估个体多大程度上意识到目标的缺陷。在使用辨别任务的研究中，较多研究是以情绪词汇、情绪面孔和情绪场景图片作为 T2 的刺激材料，要求被试报告面孔的表情或者是情绪词汇、情绪场景的效价 (即外显情绪 T2 任务) (de Jong et al., 2009; Engen et al., 2017; W. Luo et al., 2010; Maratos et al., 2008; Ray et al., 2020; Sklenar & Mienaltowski, 2019; Sun et al., 2021; Tian et al., 2018; Van Dam et al., 2012; Zhang et al., 2013; Zhu et al., 2015)。另外一些研究则要求个体报告 T2 的非情绪性信息 (即内隐情绪 T2 任务)。例如，以情绪词汇作为 T2 时，要求被试直接报告词汇 (Anderson, 2005; Anderson & Phelps, 2001; Keil & Ihssen, 2004; Schwabe & Wolf, 2010; Strauss et al., 2013)，或者从备选的词汇清单中选择目标 (Langley et al., 2008; Schwabe et al., 2011)。使用情绪面孔作为 T2 时，可以要求被试报告面孔的身份、性别等非情绪性信息 (Bach et al., 2014; De Martino et al., 2009; Engen et al., 2017; Sigurjonsdottir et al., 2015; Sun et al., 2021)。采用辨别任务的研究发现，个体同样可以对出现在注意瞬脱区间内情绪刺激的内容信息进行有效的加工，包括目标的情绪效价或任务相关的非情绪信息。不过，在辨别任务中研究者往往也不设置 T2 缺失试次或者仅加入较低比例的 T2 缺失试次。这将使被试预期目标肯定会出现，而对目标是否出现的预期会促进对目标的知觉过程 (Meijs et al., 2018; Trauer et al., 2019; Zivony & Eimer, 2022)，从而影响辨别成绩。因此，未来研究应重视侦测和辨别任务中 T2 缺失试次的设置以及该因素对情绪对抗注意瞬脱的影响。

2.3 Lag1 节省以及情绪 T2 对它的影响

RSVP 任务除了可以在 T1 之后 200~500 ms 时窗内诱发注意瞬脱，当 T2 出现在 T1 之后第一个位置 (Lag1) 时也会出现 Lag1 节省现象，即注意瞬脱现象在 Lag1 位置会显著减弱，甚至消失 (Chun & Potter, 1995; Raymond et al., 1992; 吴瑕，张明, 2011)。因此，随着 T1 和 T2 的间隔增加，识别 T2 的正确率会呈现先下降后上升的 U 型趋势。Lag1 节省往往还包括两个特征：首先是相邻出现的两个目标的内容虽然可以被报告，但是它们的目标顺序往往会被混淆；其次是目标连续呈现时 Lag1 节省可以扩展到 3 个甚至更多目标 (Dux et al., 2014)。一般情况下，T2 在 Lag1 位置的正确率要比其在注意瞬脱区间内 (Lag2~Lag4) 的正确率高出 5%，这可以作为研究 Lag1 节省现象的定量指标 (Visser et al., 1999)。

本文将情绪对抗注意瞬脱限定为在注意瞬脱区间内 (lag2~lag5) 情绪 T2 相比中性 T2 的加工优势。但是，当 T2 出现在紧邻 T1 的 lag1 位置时，情绪 T2 是否依然具有加工优势，进而影响 Lag1 节省呢？ Lag1 节省和注意瞬脱是同一实验任务中不同条件下出现的两种现象，

个体完成该实验任务的信息加工过程应是导致两种现象出现的共同心理机制。因此，本文在构建情绪对抗注意瞬脱现象的理论解释时，也需要简要介绍情绪刺激作为 T2 时对 Lag1 节省现象的影响。需要指出的是，目前尚未研究直接考察情绪 T2 如何影响 Lag1 节省，但一些考察情绪 T2 对抗注意瞬脱的研究也包括了情绪 T2 出现在 lag1 位置的条件 (Mishra et al., 2017)。总结这些研究，我们可以从两方面来理解情绪 T2 影响 Lag1 节省的机制。首先，情绪刺激作为目标出现在 lag1 位置时是否也会产生 Lag1 节省；其次，在 lag1 位置上不同情绪目标的识别是否存在差异。

大部分研究发现，当情绪刺激作为 T2 时不会出现 Lag1 节省现象 (Anderson, 2005; Kihara & Osaka, 2007; Mack et al., 2002; Miyazawa & Iwasaki, 2010; Ray et al., 2020; Sklenar & Mienaltowski, 2019)。另外一些研究发现，情绪 T2 是否会出现 lag1 节省受到一些因素的调节。比如，Anderson (2005) 发现，当 T1 和 T2 的目标特征一样时才能观察到低唤醒和中性词汇作为 T2 时出现 lag1 节省，而高唤醒词汇没有 lag1 节省。一旦 T1 的特征 (颜色、目标类型) 和 T2 特征不匹配时，所有类型目标的 Lag1 节省都会消失。此外，效价在情绪 T2 影响 lag1 节省中也有重要的作用，有研究发现积极和中性词汇作为 T2 时都存在 Lag1 节省现象，但消极词汇不存在 Lag1 节省 (Ogawa & Suzuki, 2004)。焦虑和情绪障碍可能也影响了情绪目标的 Lag1 节省。比如，研究者使用愤怒、快乐和中性面孔作为 T2，它们出现在 T1 之后 lag1、lag3、lag5 和 lag7 位置。结果发现只在高社交焦虑群体中，愤怒、快乐和中性面孔才诱发了 Lag1 节省，并且 Lag1 节省的大小不存在情绪差异 (de Jong et al., 2009)。考虑到 T2 正确率随 T1-T2 间隔增加呈现 U 型趋势，那么在大部分研究中情绪 T2 不存在 Lag1 节省可能和情绪 T2 对抗注意瞬脱反映的是相同的情绪加工优势，即情绪 T2 在注意瞬脱区间内的优势，使得它们的正确率在短间隔条件下没有差异，导致不能观察到 Lag1 节省。在这种情况下，我们实际上要考虑的是 Lag1 节省的减小或消失是否特异于情绪目标？在一些研究中，不仅是情绪目标，中性目标也未出现 Lag1 节省现象 (Kihara & Osaka, 2007; Langley et al., 2008; Mack et al., 2002; Miyazawa & Iwasaki, 2010; Sklenar & Mienaltowski, 2019)。因此，只有当 Lag1 节省的减小或消失特异于情绪目标时，我们才能认为情绪加工对 Lag1 节省现象产生了影响。

与 Lag1 节省相关的另外一个问题是在 lag1 条件下不同效价的情绪目标的识别率存在何种差异？有的研究在 Lag1 条件下发现了显著的情绪效应，即情绪 T2 相比中性 T2 的正确率更高 (Kihara & Osaka, 2007; Mack et al., 2002; Miyazawa & Iwasaki, 2010; Ogawa & Suzuki, 2004)，而且这种情绪优势不受焦虑的影响 (de Jong et al., 2009)。这些结果表明当 T1 和 T2 相邻出现时，情绪的加工也具有一定的优势。有研究发现 lag1 条件下的情绪加工优势会受到年龄因素的影响。研究要求年轻人和老年人从一系列黑色干扰词汇中识别红色和绿色的目标词汇，其中 T1 总是中性词汇，T2 是积极或消极词汇。结果发现，当项目的呈现时间为 116 ms 时，老年人在 lag1 条件下存在情绪加工优势，但年轻人无该优势。在年轻人群体中，将项目的呈现时间设置为 84 ms 时，他们在 lag1 条件下对积极词汇的识别好于中性词汇，

但对消极词汇的识别差于中性词汇 (Langley et al., 2008)。此外，Lag1 条件下负性目标相比中性目标的识别劣势在具有高阴性症状的精神分裂症患者中也能观察到 (Strauss et al., 2013)。需要指出的是，也有少量的研究并未在 lag1 条件下发现显著的情绪效应 (Bach et al., 2014; Sklenar & Mienaltowski, 2019)。

综合来看，已有的研究表明当情绪 T2 出现在 lag1 位置时，是具有情绪优势的。而且大部分的研究发现在时间维度上情绪目标作为 T2 时更少观察到 Lag1 节省现象。这些研究一致表明，情绪 T2 出现在 T1 加工的早期阶段时具有竞争优势。也有研究发现这种优势在促进对 T2 的识别的同时也可能干扰 T1 的加工。例如，当惊讶和快乐表情相继出现时，对快乐表情 (T2) 的优先加工会干扰对惊讶表情 (T1) 的加工，出现反向瞬脱现象 (Ray et al., 2020)。不过，由于上述研究的重点在于考察注意瞬脱区间内情绪 T2 的加工优势，没有分析情绪 T2 出现在 lag1 位置时除了影响 T2 的识别，是否还影响了 T1 和 T2 的顺序表征？未来研究应关注 lag1 条件下情绪 T2 的加工，该情绪加工过程对两个目标顺序表征的影响以及 lag1 节省扩展到多目标时如何受到情绪的影响。

3 情绪对抗注意瞬脱的影响因素

3.1 T1 任务的难度

目前，对于情绪对抗注意瞬脱效应是否受到可用注意资源的影响存在争议。注意瞬脱常被认为是由于 T1 的加工占用了有限的注意资源， 使得 T2 不能被有效加工 (Chun & Potter, 1995)。因此，在注意瞬脱任务中情绪目标的加工优势意味着情绪加工仅需少量的注意资源，甚至是以自动化的形式进行的 (Vuilleumier et al., 2001)。但是，这种观点受到了挑战。在 RSVP 任务中，研究者通过增加 T1 任务的难度降低 T2 可用的注意资源，结果发现注意瞬脱条件下情绪信息的优先加工受到当前可用注意资源的限制 (Stein et al., 2010; Sun, Jia, et al., 2022; 叶榕 等, 2011)。比如，叶榕等人 (2011) 使用 Flanker 任务 (侧抑制任务) 操纵了 T1 任务的难度，在低 T1 难度下， Flanker 任务的箭头方向一致，在高 T1 难度下， Flanker 任务的箭头方向不一致，任务要求被试在一系列干扰项目中首先判断 T1 任务的中间箭头方向，随后判断 T1 之后是否出现了完整的面孔 (恐惧 vs 中性)。他们的结果发现，在 T1 低难度条件下恐惧面孔相比中性面孔在注意瞬脱区间内表现出侦测的优势，表明恐惧面孔相比中性面孔对抗了注意瞬脱；但是在 T1 高难度条件下，恐惧面孔相比中性面孔在注意瞬脱区间内的侦测优势消失了。类似地，另一个研究使用恐惧面孔和快乐面孔作为 T2 刺激，发现当 T1 任务难度增加后恐惧相比快乐面孔的对抗注意瞬脱效应也消失了 (Stein et al., 2010)。

上述证据似乎提示情绪对抗注意瞬脱的前提在于当前可得的注意资源仍能满足情绪信息的

加工，一旦当前注意资源匮乏到临界值以下，情绪信息的优先加工也将得到抑制 (Holmes et al., 2003; Pessoa et al., 2002; Pessoa et al., 2005)。

然而，这种推测并未得到近期研究的完全证实。有研究者进一步使用多难度水平的 T1 任务 (字母搜索任务和字母工作记忆任务)，侧重考察不同的 T2 任务类型中 T1 任务难度对情绪对抗注意瞬脱的影响。结果发现，在面孔侦测 T2 任务和情绪分类 T2 任务中，情绪对抗注意瞬脱并不受 T1 任务难度的影响，只有在性别分类 T2 任务中，恐惧面孔的情绪对抗注意瞬脱在高难度 T1 任务条件下才消失 (Sun, Jia, et al., 2022; 孙猛 等, 2022)。也就是说，即使采用更加困难的 T1 任务来减少 T2 可得的注意资源，在特定的任务中情绪信息仍然可以得到优先加工，这些结果似乎再次表明情绪信息的优先加工不受当前可得注意资源影响 (Anderson et al., 2003; Öhman et al., 2007; Vuilleumier et al., 2001)。这种不一致的结果可能和不同 T1 任务消耗的注意资源类型不同有关。比如，Flanker 任务的高难度条件涉及对冲突信息的识别和解决，而字母搜索任务的高难度条件涉及需要更长的时间来搜索目标字母。相比之下，Flanker 任务相比字母搜索任务需要占用更多的认知控制相关资源。因此，情绪对抗注意瞬脱效应是否会被抑制可能和 T1 任务占用的注意资源类型有关。

综合来看，当 T1 任务难度增加后，会在一定程度上抑制对情绪 T2 的加工，进而减少情绪对抗注意瞬脱。但是，单纯操纵 T1 任务难度并不一定能限制情绪 T2 的优先加工，当 T2 任务较为简单 (面孔侦测) 或者 T2 任务要求和情绪相关时 (情绪任务)，情绪目标依然能够获得一定的注意资源。

3.2 情绪 T2 的效价和唤醒度

情绪的维度理论认为情绪可以从效价和唤醒度两个维度来刻画，即在效价上当前的情绪是积极的还是消极的，以及在唤醒水平上这种情绪状态的强度有多大 (Yiend, 2010)。在以往研究中，比较不同效价的情绪对抗注意瞬脱主要涉及了以下几种不同的形式。比如，有研究者将中性 T2 作为控制条件，单独考察积极或者消极 T2 相比中性信息对注意瞬脱的影响 (Anderson & Phelps, 2001; De Martino et al., 2009; Sun et al., 2021; Sun, Shang, et al., 2022) 。由于情绪刺激相比中性刺激在效价和唤醒这两个维度上都存在差异，这类研究的劣势是无法明确是效价还是唤醒在情绪对抗注意瞬脱中起作用。还有的研究者则控制了刺激材料的唤醒度，通过直接将积极 T2 与消极 T2 相比，单纯考察效价因素在情绪对抗注意瞬脱中的作用，来衡量消极信息和积极信息在对抗注意瞬脱上的相对优势 (Milders et al., 2016; Milders et al., 2006; Ray et al., 2020; Stein et al., 2010)。此外，大多数的情绪对抗注意瞬脱相关研究中

的刺激材料会同时包含积极、消极和中性材料三种，这样可以区分效价和唤醒度的不同作用 (Bach et al., 2014; W. Luo et al., 2010; Luo & Qi, 2022; Sklenar & Mienaltowski, 2019; Tian et al., 2018; Zhang et al., 2014)。

那么，在情绪对抗注意瞬脱中到底是情绪的唤醒度因素还是效价因素发挥了主要作用呢？大量的证据表明，唤醒假说相比效价假说更有解释力。唤醒假说认为情绪性 T2 对抗注意瞬脱和情绪刺激的效价无关，情绪刺激只要具有一定程度的唤醒度就能在注意瞬脱区间得到更好的识别 (Anderson, 2005; Keil & Ihssen,2004)。支持情绪唤醒假说的证据包括，无论是积极刺激还是消极刺激作为 T2 时，相比中性刺激都具有类似的注意瞬脱对抗效应 (de Jong et al., 2009; de Oca et al., 2012; Li et al., 2022; Tian et al., 2018; Van Dam et al., 2012; Zhao et al., 2018)。在唤醒假说的解释框架下，具有较高唤醒度的刺激一方面可以依赖其情绪凸显性自下而上捕获个体的注意投入；另一方面，这些高唤醒刺激也提高了大脑在任务过程中的激活水平，使得个体有更高的警觉状态来识别更多的目标。

情绪效价假说认为不同效价的目标具有不同的情绪对抗注意瞬脱效应，主要包括威胁优先加工和快乐优先加工两种观点。比如，威胁相关的消极信息相比积极信息作为 T2 时能够被优先地加工和识别，即威胁优先加工优势 (Bach et al., 2014; De Martino et al., 2009; Engen et al., 2017; Maratos et al., 2008; Milders et al., 2006; Zhu et al., 2015)。这种威胁加工优势可能反映了人类在进化过程中发展出的对威胁信息的优先加工性 (Anderson et al., 2003)。相反，有些研究发现积极刺激作为 T2 相比消极刺激在对抗注意瞬脱上更有优势，即快乐优先加工 (Miyazawa & Iwasaki, 2010; Ray et al., 2020)。这种快乐优势可能来源于积极情绪拓宽了个体的注意范围，增加了个体在时间维度上注意分配的灵活性 (Mishra et al., 2017; Ray et al., 2020)。显然，这些研究得到了矛盾的结果，并且未来仍会有研究证据支持威胁或快乐优先加工的其中一个观点。不过，我们发现，虽然上述研究采用的情绪材料在效价和唤醒度上都经过了评定和匹配，但是仍存在着在刺激评价和情绪唤醒上的个体差异问题，即面对同样的情绪刺激时，不同个体的评价和情绪唤起是不同的。一个合理的解决方案是在实验结束后在个体层面对情绪材料的效价和唤醒度进行再次评定，基于个体的数据构建多层线性回归模型来分离效价和唤醒度的不同作用。需要指出的是，也有研究并未发现积极刺激和消极刺激在注意瞬脱对抗效应上的差异 (de Oca et al., 2012; Maratos et al., 2008; Ogawa & Suzuki, 2004; Stein et al., 2010)。由于缺乏对不同效价目标唤醒度的严格控制，上述冲突的结果仍然可能是目标的唤醒度差异导致的。因此，当前关于效价在情绪对抗注意瞬脱中的作用仍无明确的结论 (Mishra et al., 2017)。

整体上看，相对中性刺激，包含情绪内容的目标刺激可以稳定地对抗注意瞬脱，这表明情绪刺激加工本身引起的唤醒增加可能是情绪对抗注意瞬脱的主要原因。但是，情绪对抗注意瞬脱中是否存在威胁优先加工和快乐优先加工仍有争议。未来研究应在操纵情绪效价的基础上进一步控制唤醒度的影响，从而分离效价和唤醒度的不同影响。

3.3 T2 任务类型

在研究情绪对抗注意瞬脱的研究中，不同的 T2 任务类型实际上是设置了不同的注意选择模板，个体需要根据任务目标来决定对情绪 T2 的加工深度。比如，在面孔侦测任务中，个体可以依赖眼睛、牙齿等局部特征来推测目标是否出现，而在面孔表情或性别辨别任务中，个体则需要对面孔进行更深的加工来提取任务相关信息。因此，侦测任务和辨别任务的核心是，情绪信息能否促进该目标被侦测到，以及包含情绪信息的客体本身能否被有效的加工？研究发现，在侦测任务和表情辨别任务中，情绪刺激作为 T2 相比中性刺激更容易被侦测，并且目标的情绪信息在注意瞬脱区间内也更容易得到意识加工 (de Jong et al., 2009; W. Luo et al., 2010; Maratos et al., 2008; Milders et al., 2006; Ogawa & Suzuki, 2004; Tian et al., 2018; Zhao et al., 2018; Zhu et al., 2015)。此外，即使任务要求个体判断非情绪信息，出现在注意瞬脱区间内的情绪目标的任务相关信息也更容易被提取。比如，使用情绪面孔作为 T2 时，面孔的表情也能促进面孔身份或性别等非情绪信息的提取 (Bach et al., 2014; De Martino et al., 2009; Engen et al., 2017)。综合来看，情绪对抗注意瞬脱似乎不依赖于 T2 的任务类型，无论是在侦测任务还是辨别任务中，注意瞬脱区间内的情绪信息都得到了优先的加工。因此，我们推测情绪信息在侦测和辨别阶段都参与了对抗注意瞬脱的过程：首先，目标中的情绪信息促进了对该客体的侦测过程；其次，情绪信息在侦测阶段的加工优势能够转化为随后的辨别优势，促进任务相关信息的意识加工。

随之而来的一个问题是：情绪信息的侦测优势能够在多大程度上转化为辨别的优势？探讨该问题需要将侦测任务和辨别任务融合在一起，可以通过在辨别任务中增加 T2 缺失试次来实现。比如，在面孔表情辨别任务中，研究者除了提供面孔表情的选项，还可以增加一个是否看到面孔的选项。这样，可以在一个任务中同时计算侦测率和辨别正确率。近期有研究发现情绪 T2 对抗注意瞬脱在侦测任务指标和辨别任务指标上出现了分离，面孔表情在侦测上的促进效应并不一定能够转化为对该目标其他维度信息的识别优势，甚至不能转化为对表情的识别优势 (Sun et al., 2021)。Sun et al. (2021) 操纵了 RSVP 任务中的 T2 任务类型，并在表情辨别任务 (表情分类) 和内隐情绪任务 (性别分类) 中加入了 T2 缺失试次，计算了面

孔侦测率和辨别正确率。行为结果发现，性别分类任务中面孔表情尽管促进了面孔的侦测，但不影响性别分类任务表现；在情绪相关任务中面孔表情促进了面孔的侦测，但恐惧表情的识别却更差。该结果一方面说明以侦测为指标的表情优先加工不受 T2 任务类型影响，另一方面说明 T2 任务类型会调节表情识别过程，即在表情辨别任务中，出现在注意瞬脱区间内的面孔表情并没有被有效的加工。此外，脑电测量的结果也发现表情的晚期加工过程受到任务的情绪相关性的影响。通过对正确识别的恐惧面孔和中性面孔的 ERP 进行分析，研究者发现面孔表情的早期加工优势不受 T2 任务类型的影响，恐惧相比中性面孔在两种任务条件下都诱发了增强的 P100 成分，该早期脑电活动反映了情绪信息对注意的快速捕获过程 (W. Luo et al., 2010)。而面孔表情的晚期加工则受到 T2 任务情绪相关性的调节：恐惧相比中性面孔在表情分类任务中诱发了更大的 P300 波幅，但在性别分类任务中二者没有显著的差异。先前的研究认为 P300 反映了对威胁信息的精细加工，该成分受到任务类型的调节表明性别分类任务中的情绪信息可能会因为和任务相关信息的竞争而受到抑制，并没有被巩固到工作记忆中进行精细的加工 (Eimer & Holmes, 2007; Schupp et al., 2007)。

相比于外显情绪分类任务要求个体注意目标的情绪特征，侦测任务和内隐情绪分类任务中情绪的加工主要是以内隐的形式进行，主要反映的是情绪自下而上加工的特征。以往研究认为，情绪加工的自动化过程和控制加工过程具有时间选择性。情绪信息的早期加工属于自下而上刺激驱动的自动化过程，不受任务要求影响；而情绪信息的晚期加工属于自上而下目标驱动的控制性过程，会受到任务要求的调节 (Q. Luo et al., 2010)。因此，在情绪对抗注意瞬脱过程中，情绪信息在早期加工中能够自动地快速捕获注意，促进该目标刺激得到注意选择，并被及时确定为候选目标。但在晚期加工阶段，这些情绪信息能否被巩固到工作记忆中则依赖任务要求。

3.4 焦虑影响情绪对抗注意瞬脱

特质焦虑得分较高的群体容易发展成焦虑障碍 (Mineka & Oehlberg, 2008)。无论是高特质焦虑个体，还是临床焦虑个体，他们对情绪刺激都更加地敏感，会高估未来负性事件发生的可能性及其负面影响 (Aue & Okon-Singer, 2015; Clarke et al., 2013; Grupe & Nitschke, 2013)。注意控制理论认为，焦虑与个体对负性信息自下而上的注意偏向和自上而下的注意控制受损有关 (Eysenck et al., 2007)。特质高焦虑者在注意加工过程中会同时存在目标导向的注意减少和刺激驱动的注意增加，这种失衡的注意系统会使得焦虑个体面对威胁性刺激时表现出过度警觉和过强反应。以往研究发现，特质焦虑人群相比非焦虑人群对恐惧和愤怒面

孔的识别速度更快 (Cooper et al., 2008; Surcinelli et al., 2006; Sussman et al., 2016)。此外，在时间维度上表情的优先加工和特质焦虑也有关系，高特质焦虑者更容易在连续呈现的干扰刺激中识别到负性的情绪面孔。例如，研究者使用恐惧和快乐面孔作为 RSVP 任务中的 T2，结果发现恐惧和快乐面孔都受到了注意瞬脱的影响，但是高特质焦虑群体中恐惧相比快乐面孔受注意瞬脱的影响更小 (Fox et al., 2005)。这表明特质焦虑可能会导致个体选择性地对威胁相关刺激的出现更加敏感。

相比特质焦虑者，特定恐惧症患者往往会对特定对象产生严重的焦虑反应。比如，蜘蛛恐惧症患者相比正常个体对蜘蛛相关刺激有更强的情绪反应。那么，当蜘蛛这种特定刺激出现时在一系列的干扰刺激序列中时，蜘蛛恐惧症患者能优先地加工到它们吗？研究发现，无论是蜘蛛恐惧症患者还是对照组个体都能在刺激序列中识别更多的情绪目标，但蜘蛛恐惧症患者会选择性地对蜘蛛相关图片更加敏感 (Reinecke et al., 2008; Trippe et al., 2007; Weierich & Treat, 2015)。尽管社交焦虑个体对他人的面孔表情比较敏感，但研究发现愤怒和快乐面孔对抗注意瞬脱效应和个体的社交焦虑水平无关 (de Jong et al., 2009; de Jong & Martens, 2007)。这表明社交焦虑因素似乎并不影响个体处理面孔情绪信息的效率。一个可能的解释是，社交焦虑对面孔表情的加工敏感性可能仅体现在对情绪信息的内隐加工方面，使用外显情绪任务并不能区分高、低社交焦虑个体在情绪加工方面的差异。在未来研究中，可以考虑使用侦测任务或内隐情绪任务来揭示社交焦虑个体对情绪信息的内隐加工偏向。

整体来看，焦虑个体更容易注意到环境中的威胁信息，这种对情绪刺激较低的识别阈值使得他们更容易侦测并识别到干扰刺激序列中的情绪目标。但是，未来研究也需要考虑不同的焦虑子群体 (广泛性焦虑患者) 或焦虑情境 (考试焦虑、社交焦虑) 对情绪对抗注意瞬脱中的影响。

3.5 预期因素

作为一项重要的适应性功能，大脑擅长于快速地从环境中寻找统计规律，产生对即将发生事件的预期 (Friston, 2010)。对未来事件的预期不仅能影响该事件出现时对其的感知觉加工过程 (Kok et al., 2012; Trauer et al., 2019)，也能促进该事件被意识优先加工 (Alilovic et al., 2021; Meijs et al., 2019; Meijs et al., 2018)。在实验室条件下，个体也会根据从先前实验试次中获取的关于该实验的统计规律，形成对即将出现的目标的预期，包括目标出现的时间、位置以及目标的特征。关键的是，这种预期在一定程度上能够提升个体的任务表现 (Tang et al., 2014; Visser et al., 2014)。在以往的研究中，不同效价的情绪面孔总是以相同的概率作为 T2

刺激出现在 T1 之后。尽管个体在实验前并不了解这些信息，而且实验程序中也未包含关于 T2 面孔的情绪线索，但在练习以及正式实验过程中个体能够内隐地习得关于该任务的一些统计规律，包括 T1 和 T2 的时间间隔信息以及 T2 面孔的情绪特征 (Meijs et al., 2018; Tang et al., 2014)。那么，在 RSVP 任务中对情绪刺激的预期如何影响情绪对抗注意瞬脱呢？

在内隐情绪任务中情绪信息属于任务无关信息。但研究发现，在注意瞬脱条件下目标的情绪内容能够促进任务相关信息的意识加工 (Bach et al., 2014; De Martino et al., 2009; Engen et al., 2017; Sigurjonsdottir et al., 2015; Sun et al., 2021)。比如，研究者要求被试对面孔的性别信息进行判断，结果发现，与中性面孔相比，在注意瞬脱区间内个体对威胁面孔的性别判断任务表现更好 (Engen et al., 2017; Sigurjonsdottir et al., 2015)。也就是说，尽管面孔的表情属于任务无关信息，但面孔表情信息却能促进注意资源有限情况下其他面孔维度信息的加工过程。这表明面孔表情信息捕获的注意资源同样也可以用于同一客体上其他维度信息的加工 (Milders et al., 2006)。那么，在内隐情绪任务中，当个体能够预期到目标的情绪效价时，这种情绪预期是通过增加个体侦测到情绪 T2 的可能性来进一步提高情绪对抗注意瞬脱效应，还是会通过抑制任务无关情绪信息的加工来减少情绪对抗注意瞬脱效应呢？Sun, Shang, et al. (2022) 在性别分类 T2 任务中通过在组块内设置恐惧和中性面孔在 T2 中的比例，来操纵个体对恐惧信息的情绪预期。行为结果发现基于情绪 T2 概率诱发的情绪预期会抑制恐惧加工优势，只有低概率的恐惧面孔才能对抗注意瞬脱。脑电的结果进一步发现恐惧面孔相比中性面孔仅在恐惧低概率条件下诱发更大的 P300 波幅，但在恐惧高概率条件下没有差异，这表明情绪预期抑制了情绪信息在晚期的加工。在注意瞬脱任务中， P300 成分被认为是反映了对识别到的 T2 目标的巩固，意味着该目标被编码进了工作记忆之中 (Dell'Acqua et al., 2015; Mcarthur et al., 1999; Zivony & Lamy, 2022)。因此，该结果意味着在内隐情绪任务中情绪预期会抑制情绪信息的晚期工作记忆编码过程。

需要指出的是，上述研究采用性别分类 T2 任务来考察情绪预期的作用，在该任务中情绪预期抑制了任务无关信息的表征 (Sun, Shang, et al., 2022)。相反，在外显情绪任务中，由于预期内容和任务目标一致，情绪预期则有可能通过促进对情绪目标的侦测过程或对情绪信息的表征过程来增大情绪对抗注意瞬脱效应。未来研究可就该问题做进一步的探讨。

4 情绪对抗注意瞬脱的神经机制

4.1 情绪对抗注意瞬脱相关的脑机制

由于功能性磁共振成像（fMRI）的时间分辨率较低，而诱发注意瞬脱时 T1 和 T2 的时间间隔往往都在 1 s 之内，因此这种技术往往不能捕捉到情绪对抗注意瞬脱发生时大脑的激活。科学家采用的办法是，不考虑时间特性，只比较情绪对抗注意瞬脱试次 (情绪刺激被正确报告) 相比情绪未对抗注意瞬脱试次 (情绪刺激被漏报或者错报) 时大脑激活的差异 (De Martino et al., 2009; Schwabe et al., 2011)。有研究者采用 fMRI 技术考察情绪对抗注意瞬脱涉及的大脑激活情况 (De Martino et al., 2009)。被试需要在一系列乱码图片中识别一个建筑 (T1) 和一个面孔 (T2)，面孔包括恐惧面孔和中性面孔两种类型。行为结果表明恐惧面孔相比中性面孔在注意瞬脱区间内得到了更好的识别，表现出对抗注意瞬脱。脑成像的结果发现，正确识别的 T2 面孔相比未识别的 T2 面孔诱发了增强的梭状回活动，该区域和面孔的加工有关；但恐惧面孔相比中性面孔在行为表现上的获益主要和前喙扣带回的增强激活有关。以往的研究表明前喙扣带回与情绪加工密切相关，其参与对情绪信息的选择性注意 (Lane, Fink, et al. 1997;Elliott et al. 2000)，涉及对情绪强度的评价 (Taylor et al. 2003)。因此，前喙扣带回在情绪对抗注意瞬脱中可能参与了对情绪信息的早期注意选择。Schwabe et al. (2011) 在 RSVP 任务中同时操纵 T1 和 T2 的情绪效价。 结果发现情绪性 T2 会对抗注意瞬脱，而情绪性 T1 则会增强注意瞬脱。关键的是，中性 T1 条件下情绪性 T2 对抗注意瞬脱和杏仁核的激活有关，情绪性 T1 对注意瞬脱的增强作用则和增强的前扣带回、脑岛和眶额皮层的激活有关。以往研究表明杏仁核的激活和早期的情绪反应有关，而前扣带回、脑岛和眶额皮层与情绪信息的精细加工有关 (Garfinkel & Critchley, 2014; Garvert et al., 2014; Troiani & Schultz, 2013)。因此，这些结果提示情绪性 T1 对注意瞬脱的增强作用主要涉及了情绪精细加工相关的大脑区域，而情绪性 T2 能够对抗注意瞬脱则涉及了情绪信息反应性加工的区域。

研究情绪对抗注意瞬脱的脑机制的另外一种办法是招募脑损伤病人 (Anderson & Phelps, 2001; Piech et al., 2011)。脑损伤以及 fMRI 研究表明在注意瞬脱中，情绪信息早期知觉加工的增强可能涉及杏仁核、前扣带回和脑岛等情绪加工相关脑区 (Anderson & Phelps, 2001; De Martino et al., 2009; Piech et al., 2011; Schwabe et al., 2011)。在健康被试群体中，情绪刺激作为 T2 相比中性刺激作为 T2 表现出一定的加工优势，更容易得到有意识地报告。但这种优势并不发生在左侧杏仁核受损的病人身上，表明左侧杏仁核在促进情绪信息获得优

先加工时发挥了重要作用 (Anderson & Phelps, 2001)。

综合来看，由于在 RSVP 任务中注意瞬脱时窗内可得的注意资源有限，情绪信息的优先加工主要依赖杏仁核介导的皮层下情绪加工快速通道。颅内脑电技术或脑磁图 (Magnetoencephalography，MEG) 方法能够兼顾空间分辨率和时间分辨率，未来研究应多采用这些方法来进一步明确情绪对抗注意瞬脱涉及的大脑空间结构和时间分布特征。

4. 2 情绪对抗注意瞬脱的时间特性

脑电研究中采用的事件相关电位方法 (Event-Related Potentials, ERP) 具有非常高的时间分辨率，时间精度可以达到毫秒级，对于理解认知和情绪加工的时间进程非常有益。因此，一些研究使用 ERP 的方法考察了情绪 T2 对抗注意瞬脱的认知机制 (Keil et al., 2006; W. Luo et al., 2010; Luo & Qi, 2022; Qiu et al., 2022; Sun et al., 2021; Sun, Shang, et al., 2022; Trippe et al., 2007; Zhu et al., 2015)。这些研究发现情绪信息相比中性信息在多个加工阶段都存在一定的加工优势。Keil et al. (2006) 等人的研究结果发现，在 lag2 条件下，积极和消极词汇的任务正确率都好于中性词汇，且它们相比中性词汇主要在后部脑区诱发了增强的脑电活动，该效应发生在 T2 出现之后 120-270 ms 之间。这表明，注意瞬脱区间内情绪信息对 T2 识别的促进作用主要和情绪信息的早期知觉增强加工有关。也就是说，情绪刺激相比中性刺激在早期加工阶段的知觉表征就更强，在经历了相同的注意资源限制和干扰刺激的掩蔽后保留的信息更多，从而表现出对抗注意瞬脱效应。

情绪信息相比中性信息不仅在早期加工阶段具有优势，在之后的多个加工阶段同样表现出增强的效应 (W. Luo et al., 2010; Zhang et al., 2014)。比如，W. Luo et al. (2010) 基于情绪面孔加工提出了注意瞬脱条件下面孔表情加工的三阶段模型。在该模型中，面孔表情在不同的加工阶段具有不同的加工特点。具体地说，第一阶段为恐惧信息的自动化加工阶段，表现为恐惧相比快乐和中性面孔诱发了增强的 N100 和 P100 成分，提示大脑对威胁信息的快速侦测；第二阶段为情绪和非情绪信息分离阶段，表现为情绪面孔 (恐惧和快乐面孔) 相比中性面孔诱发了增强的 N170 和 VPP 成分；第三阶段为情绪信息分离阶段，在该阶段恐惧、快乐和中性面孔诱发的 N300 和 P300 成分发生了完全的分离 (W. Luo et al.,2010)。尽管该模型是针对面孔表情加工提出的，但它显示情绪面孔相比中性面孔至少在第二和第三阶段都表现出加工的优势。因此，在注意瞬脱条件下，情绪信息的加工影响了对 T2 的侦测和辨别等多个认知加工过程。

总体上，脑电研究的结果表明 T2 目标中的情绪信息影响了认知加工的多个阶段，而且

情绪信息的早期加工是情绪 T2 对抗注意瞬脱的关键。这对于理解相关理论中关于注意瞬脱是来源于目标的早期加工阶段受损、晚期阶段受损或是多阶段受损非常重要 (Zivony & Lamy, 2022)。此外，近期的研究结果还发现注意瞬脱条件下情绪面孔的早期加工具有自动化的特征，但晚期的精细加工过程受任务类型和情绪预期等自上而下因素的调节 (Sun et al., 2021; Sun, Shang, et al., 2022)。因此，未来研究应继续探讨预期等自上而下因素参与情绪对抗注意瞬脱的认知机制。

5 早期注意增强和晚期巩固竞争假说

以往关于注意瞬脱的相关理论认为，T2 未能被有意识报告是由于 T1 的巩固过程导致 T2 的选择过程受到抑制、暂时失控或者是延迟，导致 T2 在目标选择阶段没有被确定为候选目标 (Di Lollo et al., 2005; Nieuwenstein, 2006; Nieuwenstein et al., 2005; Taatgen et al., 2009; Vul et al., 2008)。或者是认为存在工作记忆巩固的瓶颈使得在短时间内只能有一个项目得到巩固，T1 的巩固使得其后 200~500 ms 时窗内的 T2 不能被巩固 (Chun & Potter, 1995; Lagroix et al., 2012; Raymond et al., 1992;Wyble et al., 2009)。显然，这两种理论都强调 T1 的巩固过程对 T2 的注意选择或者巩固过程的干扰是出现注意瞬脱的关键原因。但是，一系列的实验结果表明 T2 的情绪特征对该目标的早期注意选择和晚期巩固都产生了影响 (W. Luo et al., 2010; Sun et al., 2021; Sun, Shang, et al., 2022; Zhang et al., 2013)。这提示我们，解释注意瞬脱的理论不能忽略 T2 本身性质对注意瞬脱的影响，同时也暗示注意瞬脱并不是受注意选择或者巩固瓶颈某一个单一过程的影响，而是受两个阶段的影响 (Zivony & Lamy, 2021)。因此，注意瞬脱的两阶段模型受到了我们的关注。

注意瞬脱的两阶段模型 (Two-stage model) 认为 RSVP 中的信息加工可以分为知觉加工和工作记忆巩固两个阶段 (Chun & Potter, 1995)。在第一阶段中所有的信息都会被表征，并且得到快速的分类，在此过程中，目标相关刺激会被选择；但是这些早期的加工并没有充分到能够被意识报告的水平，需要启动一个对选择的候选目标的注意投入阶段。在第二阶段，早期的刺激表征才能够被转化成稳定的、可意识报告的水平。两阶段模型认为注意瞬脱是由于 T1 在第二阶段的巩固过程占用了有限的短时记忆容量，使得 T2 被滞留在阶段一，未能得到有效巩固。

两阶段模型提供了一个较好的分析注意瞬脱效应的框架，但是，用它来解释情绪对抗注意瞬脱效应时存在一定的困难。在情绪对抗注意瞬脱相关研究中，情绪信息的加工优势在知觉加工和记忆巩固两个阶段中都有体现。而两阶段模型无法解释第二阶段中任务要求等自上

而下因素为何会影响情绪对抗注意瞬脱效应。基于此，我们在两阶段模型的基础上提出了"注意增强和巩固竞争" 假说 (见图 1) 来解释情绪对抗注意瞬脱的相关效应。该假说同样认为对目标的加工主要包括侦测和巩固两个阶段，侦测阶段的主要功能是确定候选目标，巩固阶段的主要功能是将任务相关信息加工到可意识报告的水平。按照"注意增强和巩固竞争"假说，情绪作为 T2 时在侦测阶段的加工优势来自其情绪凸显性，这种侦测优势能否转化为辨别优势则受到任务要求和情绪预期等自上而下因素的影响。当任务要求指向情绪内容时，情绪信息在巩固阶段的表征会受到增强；但当任务要求指向非情绪内容时，情绪信息在巩固阶段的加工则需要和任务相关信息加工产生竞争，并且受到抑制。因此，情绪对抗注意瞬脱效应既反映了目标侦测阶段情绪加工对注意选择的促进作用，也反映了巩固阶段情绪信息和其他信息的竞争。

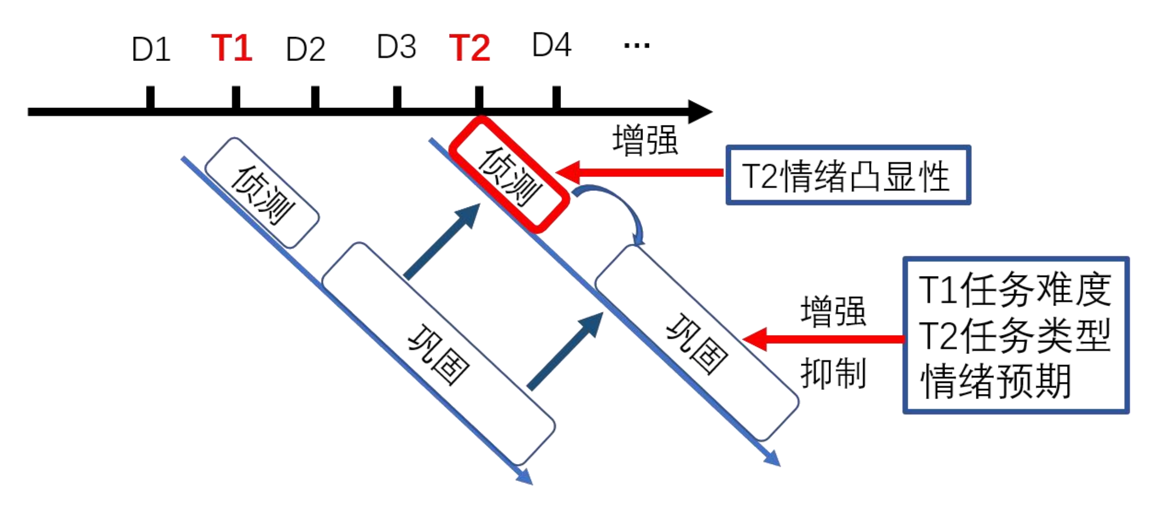


图 1　情绪 T2 对抗注意瞬脱的早期注意增强和晚期巩固竞争假说。图中 T1 和 T2 分别指第一个目标和第二个目标，D1，D2，D3…指干扰项目。蓝色箭头指 T1 的巩固对 T2 的侦测和巩固过程的作用，红色箭头指 T2 的情绪凸显性和其他因素分别对侦测和巩固过程的影响。

首先，我们认为在第一阶段，目标的情绪凸显性使得情绪刺激在该阶段能够被快速地侦测，并确实为候选目标。在行为水平上表现为情绪刺激相比中性刺激更容易被侦测到，在神经水平上表现为恐惧面孔相比中性面孔在 T2 加工的早期诱发了增强的脑电活动。研究者利用 ERP 技术在时间分辨率上的优势，发现情绪性 T2 相比中性 T2 诱发了增强的早期成分，这些成分最早在 T2 出现 120 ms 后便被诱发 (Keil et al., 2006; W. Luo et al., 2010; Trippe et al., 2007; Zhang et al., 2014; Zhang et al., 2013)。以杏仁核为核心的皮层下情绪加工通道可能是在侦测阶段情绪对抗注意瞬脱的关键脑结构。 以往研究认为杏仁核负责对威胁相关刺激的快速探测和反应 (Anderson et al., 2003; Öhman, 2005; Vuilleumier et al., 2001)。在健康被试群体中能观察到情绪性 T2 对抗注意瞬脱，但杏仁核受损的病人中不能观察到这种效应，这说明杏仁核在侦测情绪信息的过程中发挥着重要作用 (Anderson & Phelps, 2001)。但是，

上述证据并不能支持情绪对抗注意瞬脱的情绪自动化加工假说 (Maratos et al., 2008)，该假说认为情绪信息的加工不占用注意资源，那么在 RSVP 任务中情绪 T2 的加工就不会受当前可用注意资源的限制，因此表现出对抗注意瞬脱效应。但是，通过增加 T1 任务的难度减少 T2 可用的注意资源便能抑制情绪目标的加工优势 (Stein et al., 2010; Sun, Jia, et al., 2022; 叶榕 et al., 2011)。换句话说，情绪对抗注意瞬脱也可能是因为 T1 任务过于简单，巩固 T1 剩余的注意资源仍然能够满足情绪信息的优先加工 (Lavie, 2010; Pessoa et al., 2002; Sebastian et al., 2017)。

第二，情绪目标的辨别优势会受情绪预期和任务目标的影响，情绪信息在侦测阶段的优势并不一定能转化为辨别上的优势。一系列研究发现无论 RSVP 任务是否要求报告 T2 的情绪信息，情绪目标相比中性目标的任务相关内容在注意瞬脱条件下都能更好地被有意识报告 (Bach et al., 2014; de Jong et al., 2009; De Martino et al., 2009; Engen et al., 2017; W. Luo et al., 2010; Ray et al., 2020; Zhang et al., 2013)。这表明情绪目标在侦测阶段被快速注意后，该目标的任务相关内容也在辨别阶段得到了意识加工。但是，近期的研究发现情绪目标在侦测阶段的优势并不一定能转化为辨别上的优势，尤其是在内隐情绪任务中 (Sun, Jia, et al., 2022; Sun et al., 2021)。一项研究发现在性别分类任务中，T2 面孔表情对性别加工的促进作用会受到 T1 任务难度和情绪预期的抑制 (Sun, Jia, et al., 2022; Sun, Shang, et al., 2022)。还有研究发现尽管表情会促进面孔的侦测，但面孔的表情在性别分类任务中并不影响任务表现，而且在情绪分类任务中恐惧相比中性面孔的识别正确率更低 (Sun et al., 2021)。这些研究表明无论是情绪内隐任务还是情绪外显任务中，出现在注意瞬脱区间内的面孔表情虽然促进了目标的侦测，但它们的情绪内容并不一定会被有效的加工。我们推测这可能是由于工作记忆巩固阶段注意资源的限制，目标刺激中情绪相关信息的工作记忆巩固需要和 T1 以及其他干扰刺激相互竞争，当任务目标指向非情绪信息时，情绪信息的晚期加工会受到 T1 任务难度、任务要求和情绪预期等因素的抑制，使得情绪对抗注意瞬脱效应消失 (Sun, Jia, et al., 2022; Sun et al., 2021; Sun, Shang, et al., 2022)。

总之，按照我们提出的"注意增强和巩固竞争" 假说，在目标侦测阶段，面孔中表情信息的情绪凸显性能够使得该面孔在早期加工阶段快速捕获注意，获得增强的加工，这种注意增强使得个体侦测到了更多的情绪目标。其次，在目标侦测阶段获得注意增强的刺激在 T1 巩固的时候受到掩蔽刺激的干扰更小，也更容易进入巩固阶段；当包含情绪信息的客体进入巩固阶段后，任务相关信息能否被有意识地辨别还取决于任务要求是否指向情绪特征。当任务要求个体注意非情绪特征时，面孔情绪信息的精细表征会得到抑制，

尤其在高情绪预期条件下；当任务要求个体注意情绪特征时，面孔情绪信息会获得巩固优势。

6 结论和展望

情绪对抗注意瞬脱反映了情绪信息在注意资源限制条件下的优先加工。脑电以及 fMRI 等技术手段的应用，有助于揭示情绪对抗注意瞬脱的机制。在情绪对抗注意瞬脱过程中，既有情绪自动化加工的成分，又有目标驱动的自上而下认知控制因素的参与。情绪 T2 本身的情绪凸显性促进了瞬脱区间目标的早期注意选择过程，该过程主要是杏仁核等皮层下区域驱动。对情绪 T2 的巩固受到任务类型等因素的影响，主要由前额叶等认知控制相关脑区负责。

需要指出的是，当前研究中都是要求被试报告两个目标，而且都是要求被试先报告 T1，再报告 T2，这可能会引入 T1 和 T2 重要性的区别。对 T1 和 T2 报告的顺序实际上意味着提取阶段 T1 和 T2 的优先性，情绪 T2 对抗注意瞬脱也可以认为是情绪 T2 相比中性 T2 更容易被提取。因此，未来的研究可以通过改变 T1 和 T2 的报告顺序来改变 T1 和 T2 提取的优先性，进一步考察在情绪对抗注意瞬脱中是否存在提取竞争的问题。此外，情绪作为 T2 时，尤其是内隐情绪任务中，缺乏情绪探针试次来检测个体在实验过程中情绪刺激的加工程度，也缺乏事后评价来要求被试评价对任务过程中情绪的知觉 (Bach et al., 2014; De Martino et al., 2009; Nakamura et al., 2017; Sun et al., 2021; Zhao et al., 2018)。未来研究需要在实验设计中控制这些因素的影响。

情绪对抗注意瞬脱有可能作为一个行为学指标来反映个体在情绪加工上的差异，有研究考察了焦虑、自闭症和创伤后应激障碍群体中情绪对抗注意瞬脱的特点 (Schonenberg & Abdelrahman, 2013; Trippe et al., 2007; Van Dam et al., 2012; Weierich & Treat, 2015; Yerys et al., 2013)，未来研究可考虑用该指标筛查临床上的情绪障碍患者，并为情绪调节训练和心理与行为矫正治疗提供指导。情绪 T2 对抗注意瞬脱体现在情绪加工的多个阶段，是情绪加工和注意控制的交互影响。在神经机制方面，未来研究应关注杏仁核、前喙扣带回和前额叶等脑区如何协同参与情绪对抗注意瞬脱过程以及这些脑区在基于情绪内隐任务和情绪外显任务中的作用是否存在分离。

参考文献

孙猛, 尚晨阳, 刘芳, 张钦. (2022). 情绪分类任务中恐惧对抗注意瞬脱效应不受 T1 任务难度影响. 中国临

床心理学杂志, 30(5), 1013–1018. https://doi.org/10.16128/j.cnki.1005-3611.2022.05.002

吴瑕, 张明. (2011). 注意瞬脱中 Lag-1 节省现象的加工机制. 心理科学进展, 19(11), 1595–1604. https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2011.01595

叶榕, 余凤琼, 蒋玉宝, 汪凯. (2011). 注意瞬脱范式中的知觉负载对情绪面孔加工的影响. 心理学报, 43(5), 483–493. https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2011.00483

张明, 王凌云. (2009). 注意瞬脱的瓶颈理论. 心理科学进展, 17(1), 7–16. https://doi.org/CNKI:SUN:XLXD.0.2009-01-005

Alilovic, J., Slagter, H. A., & van Gaal, S. (2021). Subjective visibility report is facilitated by conscious predictions only. *Consciousness and Cognition*, *87*, 103048. https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.103048

Anderson, A. K. (2005). Affective influences on the attentional dynamics supporting awareness. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134*(2), 258–281. https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.2.258

Anderson, A. K., Christorf, K., Panitz, D., De Rosa, E., & Gabrieli, J. D. (2003). Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals. *The Journal of Neuroscience*, *23*(13), 5627–5633. https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-15

Anderson, A. K., & Phelps, E. A. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, *411*(6835), 305–309. https://doi.org/10.1038/35077083

Aue, T., & Okon-Singer, H. (2015). Expectancy biases in fear and anxiety and their link to biases in attention. *Clinical Psychology Review*, *42*, 83–95. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2015.08.005

Bach, D. R., Schmidt-Daffy, M., & Dolan, R. J. (2014). Facial expression influences face identity recognition during the attentional blink. *Emotion*, *14*(6), 1007–1013. https://doi.org/10.1037/a0037945

Carlson, J. M., & Reinke, K. S. (2014). Attending to the fear in your eyes: facilitated orienting and delayed disengagement. *Cognition and Emotion*, *28*(8), 1398–1406. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.885410

Chen, W., Lu, J., Liu, L., & Zhou, Y. (2014). Emotion-induced Blindness: A Kind of Particular Functional Blindness. *Advances in Psychological Science*, *22*(3), 422. https://doi.org/10.3724/sp.j.1042.2014.00422

Chun, M. M., & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(1), 109–127. https://doi.org/10.1037//0096-1523.21.1.109

Clarke, P. J., Macleod, C., & Guastella, A. J. (2013). Assessing the role of spatial engagement and disengagement of attention in anxiety-linked attentional bias: a critique of current paradigms and suggestions for future research directions. *Anxiety Stress Coping*, *26*(1), 1–19. https://doi.org/10.1080/10615806.2011.638054

Cooper, R. M., Rowe, A. C., & Penton-Voak, I. S. (2008). The role of trait anxiety in the recognition of emotional facial expressions. *Journal of Anxiety Disorders*, *22*(7), 1120–1127. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2007.11.010

de Jong, P. J., Koster, E. H. W., van Wees, R., & Martens, S. (2009). Emotional facial expressions and the attentional blink: Attenuated blink for angry and happy faces irrespective of social anxiety. *Cognition and Emotion*, *23*(8), 1640–1652. https://doi.org/10.1080/02699930802490227

de Jong, P. J., & Martens, S. (2007). Detection of emotional expressions in rapidly changing facial displays in high- and low-socially anxious women. *Behaviour Research and Therapy*, *45*(6), 1285–1294. https://doi.org/10.1016/j.brat.2006.10.003

De Martino, B., Kalisch, R., Rees, G., & Dolan, R. J. (2009). Enhanced processing of threat stimuli under limited attentional resources. *Cerebral Cortex*, *19*(1), 127–133. https://doi.org/10.1093/cercor/bhn062

de Oca, B. M., Villa, M., Cervantes, M., & Welbourne, T. (2012). Emotional modulation of the attentional blink by

pleasant and unpleasant pictures. *Journal of General Psychology*, *139*(4), 289–314. https://doi.org/10.1080/00221309.2012.708681

Dell'Acqua, R., Dux, P. E., Wyble, B., Doro, M., Sessa, P., Meconi, F., & Jolicoeur, P. (2015). The attentional blink impairs detection and delays encoding of visual information: evidence from human electrophysiology. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *27*(4), 720–735. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00752

Dux, P. E., & Marois, R. (2009). The attentional blink: a review of data and theory. *Attention, Perception & Psychophysics*, *71*(8), 1683–1700. https://doi.org/10.3758/APP.71.8.1683

Dux, P. E., Wyble, B., Jolicoeur, P., & Dell'Acqua, R. (2014). On the costs of lag-1 sparing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*(1), 416–428. https://doi.org/10.1037/a0033949

Engen, H. G., Smallwood, J., & Singer, T. (2017). Differential impact of emotional task relevance on three indices of prioritised processing for fearful and angry facial expressions. *Cognition and Emotion*, *31*(1), 175–184. https://doi.org/10.1080/02699931.2015.1081873

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, *7*(2), 336–353. https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336

Fox, E., Russo, R., & Georgiou, G. A. (2005). Anxiety modulates the degree of attentive resources required to process emotional faces. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *5*(4), 396–404. https://doi.org/10.3758/cabn.5.4.396

Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews: Neuroscience*, *11*(2), 127–138. https://doi.org/10.1038/nrn2787

Garfinkel, S. N., & Critchley, H. D. (2014). Neural correlates of fear: insights from neuroimaging. *Neuroscience and Neuroeconomics*, *3*, 111–125. https://doi.org/10.2147/nan.s35915

Garvert, M. M., Friston, K. J., Dolan, R. J., & Garrido, M. I. (2014). Subcortical amygdala pathways enable rapid face processing. *Neuroimage*, *102 Pt 2*, 309–316. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.07.047

Grupe, D. W., & Nitschke, J. B. (2013). Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective. *Nature Reviews: Neuroscience*, *14*(7), 488–501. https://doi.org/10.1038/nrn3524

Holmes, A., Vuilleumier, P., & Eimer, M. (2003). The processing of emotional facial expression is gated by spatial attention: evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, *16*(2), 174–184. https://doi.org/10.1016/s0926-6410(02)00268-9

Huang, S. L., Chang, Y. C., & Chen, Y. J. (2011). Task-irrelevant angry faces capture attention in visual search while modulated by resources. *Emotion*, *11*(3), 544–552. https://doi.org/10.1037/a0022763

Kan, Y., Wang, X., Chen, X., Zhao, H., Lan, J., & Duan, H. (2021). Acute stress reduces the emotional attentional blink: Evidence from human electrophysiology. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *21*(1), 58–73. https://doi.org/10.3758/s13415-020-00847-9

Keefe, J. M., Sy, J. L., Tong, F., & Zald, D. H. (2019). The emotional attentional blink is robust to divided attention. *Attention, Perception & Psychophysics*, *81*(1), 205–216. https://doi.org/10.3758/s13414-018-1601-0

Keil, A., & Ihssen, N. (2004). Identification facilitation for emotionally arousing verbs during the attentional blink. *Emotion*, *4*(1), 23–35. https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.1.23

Keil, A., Ihssen, N., & Heim, S. (2006). Early cortical facilitation for emotionally arousing targets during the attentional blink. *BMC Biology*, *4*, 23. https://doi.org/10.1186/1741-7007-4-23

Kennedy, B. L., Rawding, J., Most, S. B., & Hoffman, J. E. (2014). Emotion-induced blindness reflects competition at early and late processing stages: an ERP study. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *14*(4), 1485–1498. https://doi.org/10.3758/s13415-014-0303-x

Kihara, K., & Osaka, N. (2007). Early mechanism of negativity bias: An attentional blink study. *Japanese Psychological Research*, *50*(1), 1-11. https://doi.org/10.1111./j.1468-5884.2007.00357.x

Kok, P., Jehee, J. M., & Delange, F. (2012). Less Is More: Expectation Sharpens Representations in the Primary Visual Cortex. *Neuron*, *75*(2), 265–270. https://doi.org/ 10.1016/j.neuron.2012.04.034

Langley, L. K., Rokke, P. D., Stark, A. C., Saville, A. L., Allen, J. L., & Bagne, A. G. (2008). The emotional blink: adult age differences in visual attention to emotional information. *Psychology and Aging*, *23*(4), 873–885. https://doi.org/10.1037/a0013761

Lavie, N. (2010). Attention, Distraction, and Cognitive Control Under Load. *Current Directions in Psychological Science*, *19*(3), 143–148. https://doi.org/10.1177/0963721410370295

Li, S., Ding, R., Zhao, D., Zhou, X., Zhan, B., & Luo, W. (2022). Processing of emotions expressed through eye regions attenuates attentional blink. *International Journal of Psychophysiology*, *182*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.07.010

Luo, Q., Holroyd, T., Majestic, C., Cheng, X., Schechter, J., & Blair, R. J. (2010). Emotional automaticity is a matter of timing. *The Journal of Neuroscience*, *30*(17), 5825–5829. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.BC-5668-09.2010

Luo, W., Feng, W., He, W., Wang, N. Y., & Luo, Y. J. (2010). Three stages of facial expression processing: ERP study with rapid serial visual presentation. *Neuroimage*, *49*(2), 1857–1867. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.018

Luo, W., & Qi, Z. Y. (2022). The influence of concreteness on emotional nouns valence processing: An ERP study. *Acta Psychologica Sinica*, *54*(2), 111. https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2022.00111

Mack, A., Pappas, Z., Silverman, M., & Gay, R. (2002). What we see: inattention and the capture of attention by meaning. *Consciousness and Cognition*, *11*(4), 488–506. https://doi.org/10.1016/s1053-8100(02)00028-4

Maratos, F. A., Mogg, K., & Bradley, B. P. (2008). Identification of angry faces in the attentional blink. *Cognition and Emotion*, *22*(7), 1340–1352. https://doi.org/10.1080/02699930701774218

Mcarthur, G., Budd, T., & Michie, P. (1999). The attentional blink and P300. *Neuroreport*, *10*(17), 3691–3695. https://doi.org/10.1097/00001756-199911260-00042

McHugo, M., Olatunji, B. O., & Zald, D. H. (2013). The emotional attentional blink: what we know so far. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 151. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00151

Meijs, E. L., Mostert, P., Slagter, H. A., de Lange, F. P., & van Gaal, S. (2019). Exploring the role of expectations and stimulus relevance on stimulus-specific neural representations and conscious report. *Neuroscience of Consciousness*, *2019*(1), niz011. https://doi.org/10.1093/nc/niz011

Meijs, E. L., Slagter, H. A., de Lange, F. P., & van Gaal, S. (2018). Dynamic Interactions between Top-Down Expectations and Conscious Awareness. *The Journal of Neuroscience*, *38*(9), 2318–2327. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1952-17.2017

Mendez-Bertolo, C., Moratti, S., Toledano, R., Lopez-Sosa, F., Martinez-Alvarez, R., Mah, Y. H., . . . Strange, B. A. (2016). A fast pathway for fear in human amygdala. *Nature Neuroscience*, *19*(8), 1041–1049. https://doi.org/10.1038/nn.4324

Milders, M., Bell, S., Boyd, E., Thomson, L., Mutha, R., Hay, S., & Gopala, A. (2016). Reduced detection of positive expressions in major depression. *Psychiatry Research*, *240*, 284–287. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.04.075

Milders, M., Sahraie, A., Logan, S., & Donnellon, N. (2006). Awareness of faces is modulated by their emotional meaning. *Emotion*, *6*(1), 10–17. https://doi.org/10.1037/1528-3542.6.1.10

Mineka, S., & Oehlberg, K. (2008). The relevance of recent developments in classical conditioning to understanding the etiology and maintenance of anxiety disorders. *Acta Psychologica*, *127*(3), 567–580.

https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.11.007

Mishra, M. V., Ray, S. B., & Srinivasan, N. (2017). Effect of emotions on temporal attention. *Progress in Brain Research*, *236*, 287–309. https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.08.014

Miyazawa, S., & Iwasaki, S. (2010). Do happy faces capture attention? The happiness superiority effect in attentional blink. *Emotion*, *10*(5), 712–716. https://doi.org/10.1037/a0019348

Nakamura, K., Arai, S., & Kawabata, H. (2017). Prioritized Identification of Attractive and Romantic Partner Faces in Rapid Serial Visual Presentation. *Archives of Sexual Behavior*, *46*(8), 2327–2338. https://doi.org/10.1007/s10508-017-1027-0

Ogawa, T., & Suzuki, N. (2004). On the saliency of negative stimuli: Evidence from attentional blink. *Japanese Psychological Research*, *46*(1), 20–30. https://doi.org/DOI 10.1111/j.1468-5884.2004.00233.x

Öhman, A. (2005). The role of the amygdala in human fear: automatic detection of threat. *Psychoneuroendocrinology*, *30*(10), 953–958. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.03.019

Öhman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D., & Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology and Behavior*, *92*(1–2), 180–185. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.057

Öhman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(3), 466–478. https://doi.org/10.1037//0096-3445.130.3.466

Öhman, A., Lundqvist, D., & Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: a threat advantage with schematic stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, *80*(3), 381–396. https://doi.org/10.1037/0022-3514.80.3.381

Pecchinenda, A., Monachesi, B., & Laeng, B. (2020). Fearful expressions of rapidly presented hybrid-faces modulate the lag 1 sparing in the attentional blink. *Acta Psychologica*, *209*, 103124. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103124

Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *99*(17), 11458–11463. https://doi.org/10.1073/pnas.172403899

Pessoa, L., Padmala, S., & Morland, T. (2005). Fate of unattended fearful faces in the amygdala is determined by both attentional resources and cognitive modulation. *Neuroimage*, *28*(1), 249–255. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.05.048

Piech, R. M., McHugo, M., Smith, S. D., Dukic, M. S., Van Der Meer, J., Abou-Khalil, B., . . . Zald, D. H. (2011). Attentional capture by emotional stimuli is preserved in patients with amygdala lesions. *Neuropsychologia*, *49*(12), 3314–3319. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.08.004

Pinkham, A. E., Griffin, M., Baron, R., Sasson, N. J., & Gur, R. C. (2010). The face in the crowd effect: anger superiority when using real faces and multiple identities. *Emotion*, *10*(1), 141–146. https://doi.org/10.1037/a0017387.supp (https://doi.org/10.1037/a0017387)

Pourtois, G., Grandjean, D., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2004). Electrophysiological correlates of rapid spatial orienting towards fearful faces. *Cerebral Cortex*, *14*(6), 619–633. https://doi.org/10.1093/cercor/bhh023

Qiu, Z., Becker, S. I., & Pegna, A. J. (2022). Spatial attention shifting to fearful faces depends on visual awareness in attentional blink: An ERP study. *Neuropsychologia*, *172*, 108283. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108283

Ray, S. B., Mishra, M. V., & Srinivasan, N. (2020). Attentional blink with emotional faces depends on emotional expressions: a relative positive valence advantage. *Cognition and Emotion*, *34*(6), 1226–1245. https://doi.org/10.1080/02699931.2020.1736517

Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,

18(3), 849–860. https://doi.org/10.1037//0096-1523.18.3.849

Reinecke, A., Rinck, M., & Becker, E. S. (2008). How preferential is the preferential encoding of threatening stimuli? Working memory biases in specific anxiety and the Attentional Blink. *Journal of Anxiety Disorders*, *22*(4), 655–670. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2007.06.004

Santacroce, L. A., Carlos, B. J., Petro, N., & Tamber-Rosenau, B. J. (2021). Nontarget emotional stimuli must be highly conspicuous to modulate the attentional blink. *Attention, Perception & Psychophysics*, *83*(5), 1971–1991. https://doi.org/10.3758/s13414-021-02260-x

Saxton, B. T., Myhre, S. K., Siyaguna, T., & Rokke, P. D. (2020). Do arousal and valence have separable influences on attention across time? *Psychological Research*, *84*(2), 259–275. https://doi.org/10.1007/s00426-018-0995-6

Schonenberg, M., & Abdelrahman, T. (2013). In the face of danger: exploring the attentional blink to emotional facial expressions in PTSD. *Psychiatry Research*, *209*(2), 180–185. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.11.011

Schwabe, L., Merz, C. J., Walter, B., Vaitl, D., Wolf, O. T., & Stark, R. (2011). Emotional modulation of the attentional blink: the neural structures involved in capturing and holding attention. *Neuropsychologia*, *49*(3), 416–425. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.037

Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2010). Emotional modulation of the attentional blink: is there an effect of stress? *Emotion*, *10*(2), 283–288. https://doi.org/10.1037/a0017751

Sebastian, C. L., McCrory, E. J., De Brito, S. A., & Viding, E. (2017). Modulation of amygdala response to task-irrelevant emotion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *12*(4), 643–650. https://doi.org/10.1093/scan/nsw174

Sigurjonsdottir, O., Sigurethardottir, S., Bjornsson, A. S., & Kristjansson, A. (2015). Barking up the wrong tree in attentional bias modification? Comparing the sensitivity of four tasks to attentional biases. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *48*, 9–16. https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2015.01.005

Sklenar, A. M., & Mienaltowski, A. (2019). The impact of emotional faces on younger and older adults' attentional blink. *Cognition and Emotion*, *33*(7), 1436–1447. https://doi.org/10.1080/02699931.2019.1573719

Stein, T., Peelen, M. V., Funk, J., & Seidl, K. N. (2010). The fearful-face advantage is modulated by task demands: evidence from the attentional blink. *Emotion*, *10*(1), 136–140. https://doi.org/10.1037/a0017814

Strauss, G. P., Catalano, L. T., Llerena, K., & Gold, J. M. (2013). The processing of emotional stimuli during periods of limited attentional resources in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *122*(2), 492–505. https://doi.org/10.1037/a0031212

Sun, M., Jia, X., Liu, F., Wei, P., Cui, L., & Zhang, Q. (2022). The role of temporal attention in the processing of facial expression: Evidence from attentional blink paradigm. *Current Psychology*, 1–12. https://doi.org/10.1007/s12144-021-02500-1

Sun, M., Liu, F., Cui, L., Wei, P., & Zhang, Q. (2021). The effect of fearful faces on the attentional blink is modulated by emotional task relevance: An event-related potential study. *Neuropsychologia*, *162*, 108043. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.108043

Sun, M., Shang, C., Jia, X., Liu, F., Cui, L., Wei, P., & Zhang, Q. (2022). Expectation modulates the preferential processing of task-irrelevant fear in the attentional blink: evidence from event-related potentials. *Behavioral and Brain Functions*, *18*(1), 16. https://doi.org/10.1186/s12993-022-00203-6

Surcinelli, P., Codispoti, M., Montebarocci, O., Rossi, N., & Baldaro, B. (2006). Facial emotion recognition in trait anxiety. *Journal of Anxiety Disorders*, *20*(1), 110–117. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2004.11.010

Sussman, T. J., Jin, J., & Mohanty, A. (2016). Top-down and bottom-up factors in threat-related perception and attention in anxiety. *Biological Psychology*, *121*(Pt B), 160–172.

https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.08.006

Tang, M. F., Badcock, D. R., & Visser, T. A. (2014). Training and the attentional blink: limits overcome or expectations raised? *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*(2), 406–411. https://doi.org/10.3758/s13423-013-0491-3

Tian, J., Wang, J., Xia, T., Zhao, W., Xu, Q., & He, W. (2018). The influence of spatial frequency content on facial expression processing: An ERP study using rapid serial visual presentation. *Scientific Reports*, *8*(1), 2383. https://doi.org/10.1038/s41598-018-20467-1

Trauer, S. M., Muller, M. M., & Kotz, S. A. (2019). Expectation Gates Neural Facilitation of Emotional Words in Early Visual Areas. *Frontiers in Human Neuroscience*, *13*, 281. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00281

Trippe, R. H., Hewig, J., Heydel, C., Hecht, H., & Miltner, W. H. (2007). Attentional Blink to emotional and threatening pictures in spider phobics: electrophysiology and behavior. *Brain Research*, *1148*, 149–160. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.02.035

Troiani, V., & Schultz, R. T. (2013). Amygdala, pulvinar, and inferior parietal cortex contribute to early processing of faces without awareness. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 241. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00241

Van Dam, N. T., Earleywine, M., & Altarriba, J. (2012). Anxiety attenuates awareness of emotional faces during rapid serial visual presentation. *Emotion*, *12*(4), 796–806. https://doi.org/10.1037/a0024648

Visser, T. A., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). Attentional switching in spatial and nonspatial domains: Evidence from the attentional blink. *Psychological Bulletin*, *125*(4), 458–469. https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.4.458

Visser, T. A., Tang, M. F., Badcock, D. R., & Enns, J. T. (2014). Temporal cues and the attentional blink: a further examination of the role of expectancy in sequential object perception. *Attention, Perception & Psychophysics*, *76*(8), 2212–2220. https://doi.org/10.3758/s13414-014-0710-7

Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: an event-related fMRI study. *Neuron*, *30*(3), 829–841. https://doi.org/10.1016/s0896-6273(01)00328-2

Weierich, M. R., & Treat, T. A. (2015). Mechanisms of visual threat detection in specific phobia. *Cognition and Emotion*, *29*(6), 992–1006. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.960369

Yerys, B. E., Ruiz, E., Strang, J., Sokoloff, J., Kenworthy, L., & Vaidya, C. J. (2013). Modulation of attentional blink with emotional faces in typical development and in autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *54*(6), 636–643. https://doi.org/10.1111/jcpp.12013

Yiend, J. (2010). The effects of emotion on attention: a review of attentional processing of emotional information. *Cognition and Emotion*, *24*(1), 3–47. https://doi.org/10.1080/02699930903205698

Zhang, D., He, W., Wang, T., Luo, W., Zhu, X., Gu, R., . . . Luo, Y. J. (2014). Three stages of emotional word processing: an ERP study with rapid serial visual presentation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *9*(12), 1897–1903. https://doi.org/10.1093/scan/nst188

Zhang, D., Luo, W., & Luo, Y. (2013). Single-trial ERP analysis reveals facial expression category in a three-stage scheme. *Brain Research*, *1512*, 78–88. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2013.03.044

Zhao, W., Chen, L., Zhou, C., & Luo, W. (2018). Neural Correlates of Emotion Processing in Word Detection Task. *Frontiers in Psychology*, *9*, 832. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00832

Zhu, C., He, W., Qi, Z., Wang, L., Song, D., Zhan, L., . . . Luo, W. (2015). The time course of emotional picture processing: an event-related potential study using a rapid serial visual presentation paradigm. *Frontiers in Psychology*, *6*, 954. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00954

Zivony, A., & Eimer, M. (2022). Expectation-based blindness: Predictions about object categories gate awareness of focally attended objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, *29*(5), 1879–1889. https://doi.org/10.3758/s13423-022-02116-x

Zivony, A., & Lamy, D. (2022). What processes are disrupted during the attentional blink? An integrative review of event-related potential research. *Psychonomic Bulletin & Review*, *29*(2), 394–414. https://doi.org/10.3758/s13423-021-01973-2

Emotional T2 attenuates attentional blink: A window to understanding the preferential processing of emotion

SUN Meng[1,2], LIU Zejun[3], JIA Xi[4], SHANG Chenyang[2], ZHANG Qin[2]

[1] The School of Mental Health and Psychological Sciences, Anhui Medical University, Hefei, 230032, China

[2]Beijing Key Laboratory of "Learning & Cognition"; School of Psychology, Capital Normal University, Beijing 100048, China

[3] Department of Psychology, Educational College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

[4]Institute of Brain Science and Department of Physiology, School of basic medical sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China)

Abstract: Attentional blink (AB) is a phenomenon in which identifying the second of two targets (T2) is impaired when it appears 200~500 ms after the first target (T1). This phenomenon reflects the limitation of conscious processing in temporal dimension. However, emotional T2 can attenuate AB compared to neutral T2. This provides an observation window and research means for understanding the preferential processing of emotional stimuli. The phenomenon of emotional T2 attenuating AB is influenced by factors such as the difficulty of T1, the task demand of T2 and emotional expectation. The brain regions primarily involved in emotional T2 attenuating AB include the amygdala, anterior cingulate cortex, and orbitofrontal cortex. In the temporal dimension, compared to neutral T2, emotional T2 exhibits enhanced effects in both the early and late stages of cognitive processing. The "Attentional Enhancement and Consolidation Competition Hypothesis" was proposed to explain the underlying mechanism of emotional T2 attenuating AB. The early attentional capture of emotional information mediated by the amygdala is key to reducing AB for emotion, while task demand and other top-down factors modulate late consolidation process.

Key Words: emotion, attentional blink, rapid serial visual presentation